# かつて、テレビで大活躍した奴らに「それで終わるタマじゃないだろ！」と、もう一花咲かせてやるミニアンプ

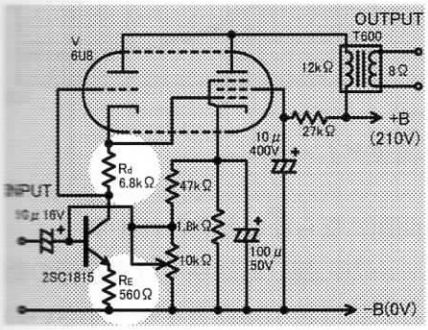
解析編

齋藤和孝

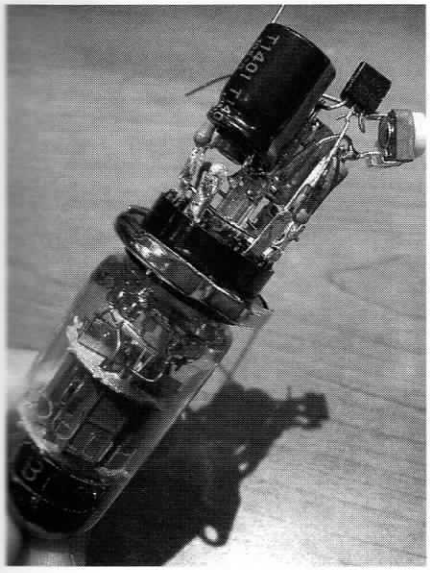
## 歪んだ重低音の正体は？

スイッチONと共に発せられた，交流電源のハムよりもはるかに低い音の正体，これは一体何なのか．まず，この音の周波数を測定してみることにしました．

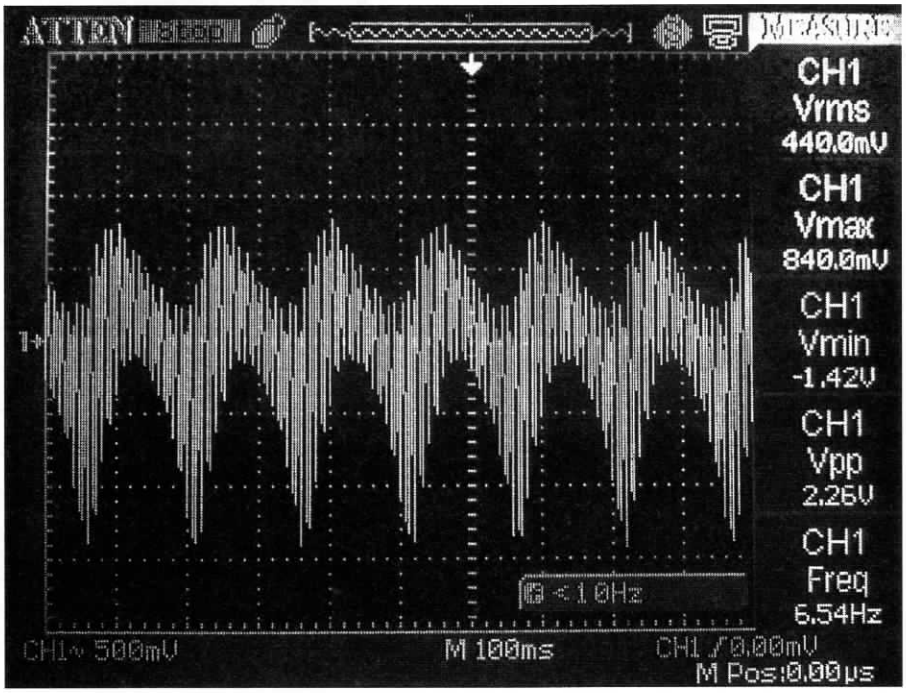
最初にテスターの周波数測定機能で測定を試みましたが，値が目まぐるしく変わってはっきりとわかりません．オシロスコープで波形を見て




〈先月号の第２図〉6U8超三結アンプ



〈写真２〉ソケットに直接組んだ回路




〈写真１〉発振した波形

みると，ノイズに混じって約150 ms周期（≒6Hz）で変化する波形を捉えることが出来ました．（**写真１**）

これはハムではなくアンプ自身の発振，それも迷結合（配線や電極間のストレ容量や誘導による）ではなく，バイアス電流を決めている帰還回路が悪さをしていると思いました．

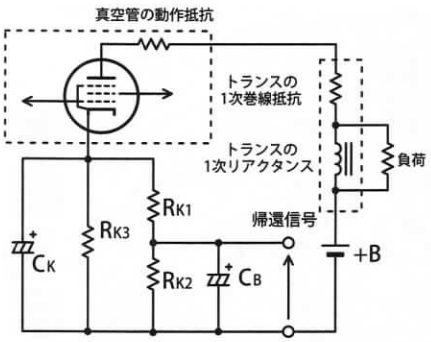
ひとまず，この発振を止めねばなりません．アンプとしての増幅率を下げれば止まるかある程度改善されるのではないかと考えました．

先月号**第２図**のRdとREの比率を変えれば増幅率は変わりますが，それをやるには組み立て方（**写真２**）が災いしてかなり面倒です．

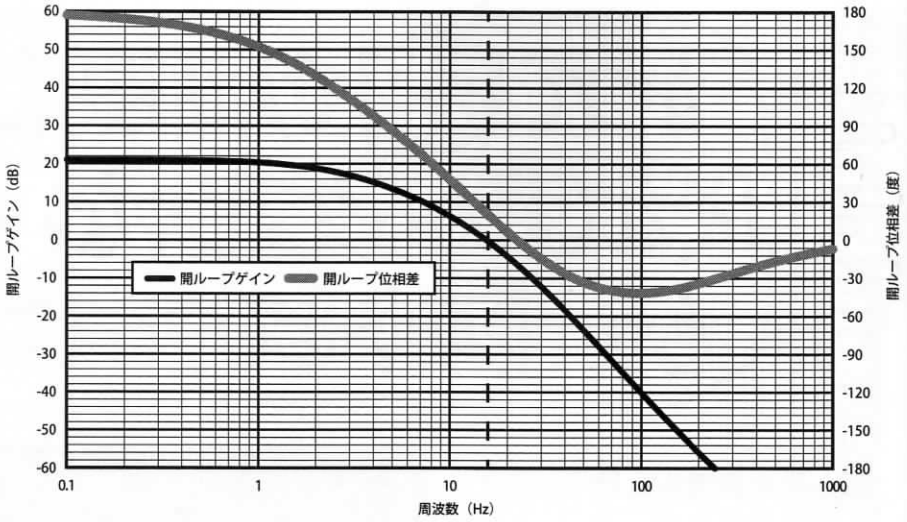
三極部の$\mu$が変わっても増幅率はかわりますので，6U8よりも$\mu$の低い8A8を代わりに挿してみたところ，とりあえず発振は収まりました．

この発振原因を探るため，アンプの回路を解析してみることにしました．

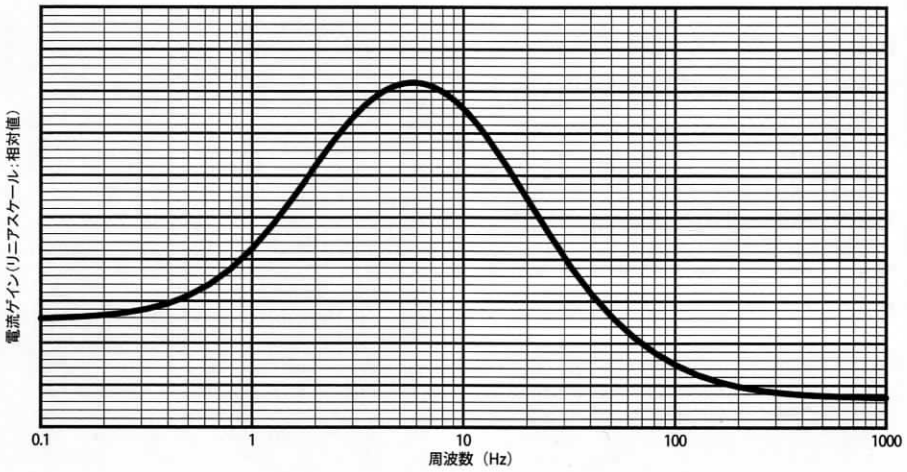
負荷がトランス結合ですから，そのインダクタンス分によってプレート電流は位相遅れが発生します．また，バイアス抵抗に並列接続されているバイパスコンデンサ（以下，バイアスコンデンサ）CKの端子電圧も電流から見て位相に遅れが発生します．その遅れが特定の周波数のときに非




〈第1図〉超三結回路の出力～帰還の等価回路




〈第2図〉周波数毎のゲインと位相差の関係




〈第3図〉アンプの電流ゲイン

常に大きくなって，負帰還であるはずが正帰還となってしまっているのかもしれない，と考えました．

真空管の増幅率→出力回路→バイアス抵抗&コンデンサ→入力に帰ってくるまでのゲイン（オープンループゲイン）と位相を調べて，「正帰還でかつゲインは1以上になる」周波数があれば（発振条件がそろえば）そこで発振します．**(第1図)**

ここで，信号源インピーダンスをゼロであると仮定すると，入力カップリングコンデンサはループ上では入力端子とGNDの間に入っていると考えることです．

計算方法は省略しますが，高性能なシミュレータなど使わずとも「Microsoft Excel」などの表計算ソフトがあれば十分解析できます．複素数の計算を含むので面倒ですが，基本的にはオームの法則にしたがって計算していくだけです．

このときのボード線図を描くと**第2図**のようになりました．なお，本回路では帰還された信号を「足して」いるので，位相差0が正帰還となります（通常の負帰還アンプでは帰還信号を「引いて」いるので，位相差－180度が正帰還）．

オープンループゲインが1（0dB）になる周波数（点線部分）での位相（位相余裕）はゼロにはなっていませんでしたが30度を切っており，発振直前ギリギリの状態といえます．このことから，ちょっとしたショックで発振に至ってしまったのだと考えます．

また，このときの出力の電流ゲインを見ると，発振していたのと同じ6Hz付近で異常に高くなっているのがわかります．**(第3図)**

ここで，**第1図**をもう一度見ると，出力トランスとバイアス抵抗&コンデンサは，真空管をはさんで直列につながっています．これらは直列共振回路を構成することになります．真空管は共振回路上では電圧源と同時に抵抗分に相当します．

通常の真空管アンプでは，内部抵抗は低くても数kΩ程度はありますので，この共振はあまり強くならず問題にならないと思われます．

一方，超三結回路では真空管の動作抵抗は数100Ωと1ケタ小さいので，共振の強さはとても大きくなります．発振に至ったときに，この共振周波数に引き込まれてしまったのでしょう．超三結回路の意外な落とし穴を見つけてしまいました．

何故，増幅率を落とすと発振が止まったのでしょうか？　実際にゲインを落とした状態を計算してみると，増幅率を落としたことでオープンループゲインも低下するのですが，位相変化はあまり変わっていないために位相余裕が大きくなって45度程度確保されていることが判ります．**(第4図)** それによって，発振がし

| 4Ω | 8Ω |
|---|---|
| 2.2Ωと1.8Ωを直列<br>＝4Ω | 4.7Ωと3.3Ωを直列<br>＝8Ω |
| 4.7Ωと27Ωを並列<br>≒4.003Ω | 8.2Ωと330Ωを並列<br>≒8.001Ω |
| 6.8Ωと10Ωを並列<br>≒4.05Ω | 15Ωと18Ωと330Ωを並列<br>≒7.98Ω |
| 12Ωを3本並列<br>＝4Ω | 24Ωを3本並列<br>＝8Ω |

〈第1表〉抵抗器の組み合わせで4，8Ωを作る

十分にSGとして役に立ちます．(**写真3**)

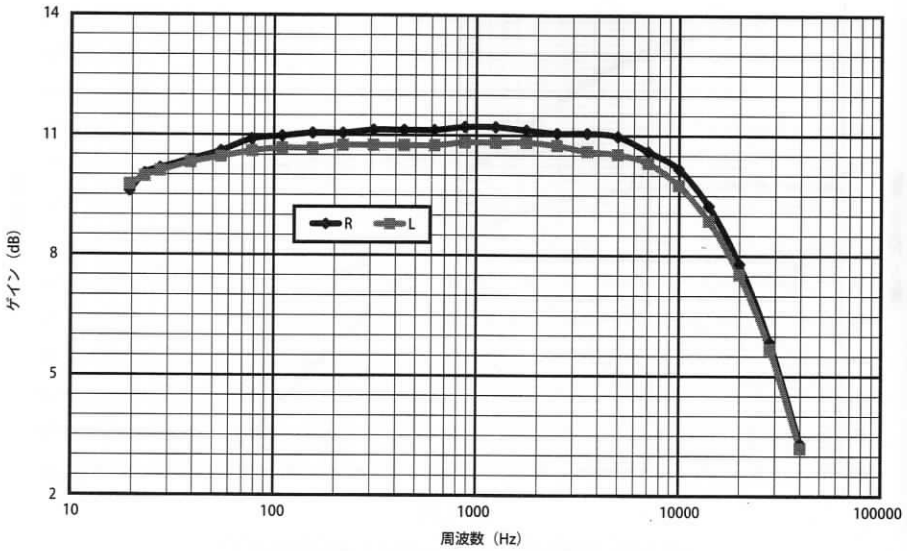
たいていのパソコンでは，オーディオ出力はφ3.5mmミニジャックになっています．ここからアンプに接続するのに，アンプ側の入力端子に適合するようなプラグに変換する必要があります．今回は実験用にバラック組みのままになっていますので，ミノムシクリップで接続します．

電圧計は，2台あれば入力と出力に1台ずつ接続すると楽ですが，1台しかなくても交代に接続してやれば測定は出来ます．

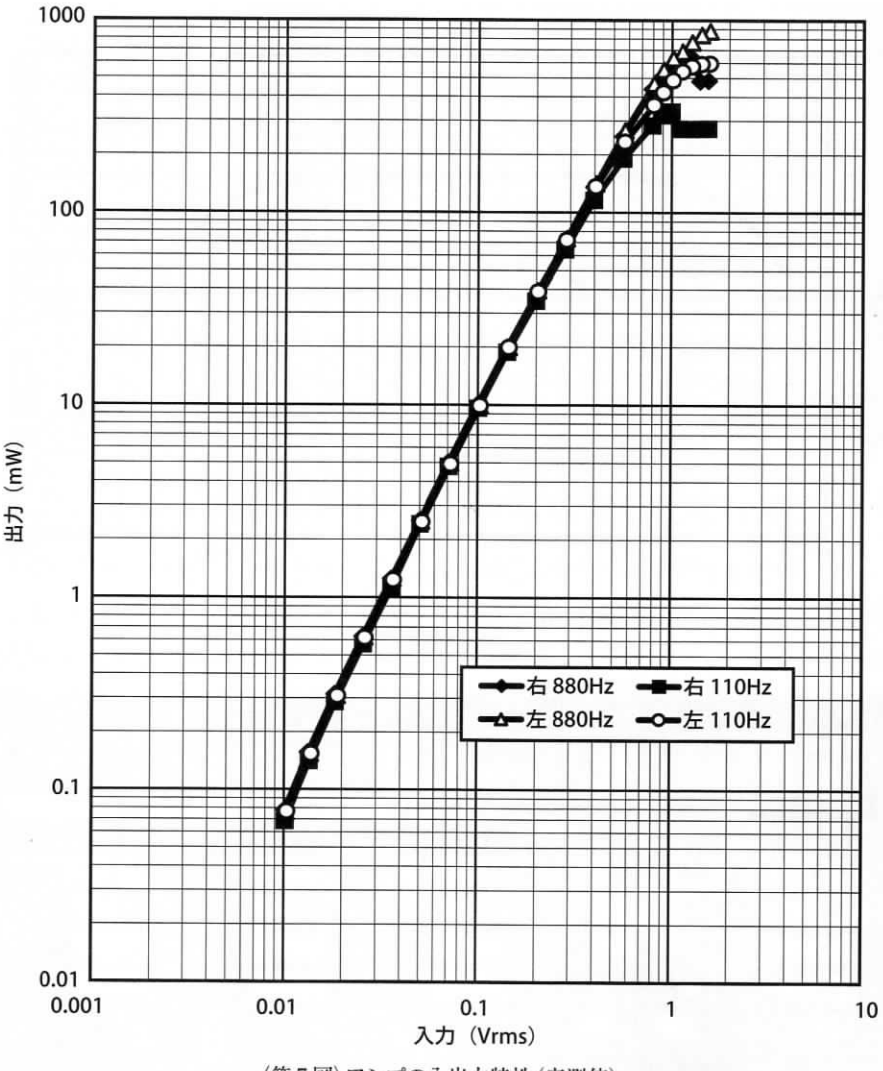
出力には，定格出力インピーダンスと同じ値の抵抗器を接続しておきます．ただ，市販の抵抗器では4Ω・8Ωなどの切りの良い値はありません(4.3Ω，8.2Ωなど)ので，割り切って誤差のあるまま使用するか，ぴったりのほうがよければ複数の抵抗器を直列にしたり並列にしたりして極力近づけるようにします．但し，抵抗器自体にも誤差範囲がありますから，それより小さい誤差にしようとしても意味がありません．**第1表**に抵抗器の組み合わせ例を示します．

この状態で，SGの周波数を変化させながら入力と出力の電圧を測定します．出力はさらに接続された抵抗器から電力を計算します．

そうして測定した結果が**第6図**です．計算よりも低域の特性が良くなっていますが，これはうれしい「誤算」です(笑)．



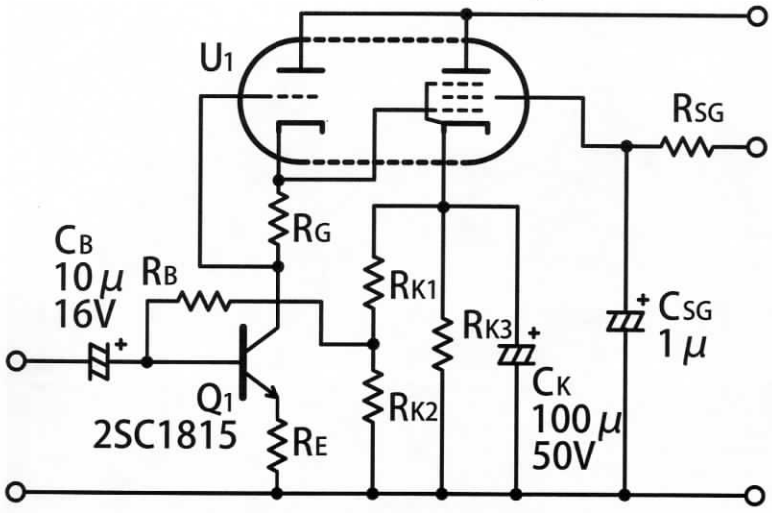

〈第6図〉アンプの周波数特性(実測値)



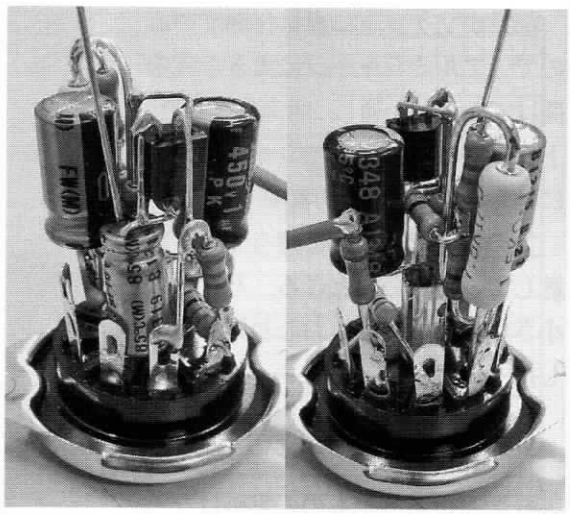

〈第7図〉アンプの入出力特性(実測値)

また，入出力特性も測定しておきます．(**第7図**) 8A8のような小さな管でも，200mW程度は出せることがわかりました．

どうせ作ったのですから実験だけで終わらせずに，シャーシに組み込んでみました．単管単段アンプのときより一回り大きなリードS-9を使うことにします．




〈第8図〉半固定抵抗を不要とした回路



〈写真5〉6WA8Aアンプを組み立てた様子

当面の目標である0.5Wが出せれば良いので，プレート損失3W程度の物を選びます．トランクの中にあった物では，数も多かった6AW8Aを使うことにしました．

今回も，ソケットに部品を直接組み立てて作ることにします．ただ，前回の実験では部品のサイズなどをよく検討しなかったので，シャーシにあけた穴を通すのに結構苦労しましたから，今回は部品の大きさについてもあらかじめ調べることにします．

使う部品で特に大きいのは電解コンデンサです．これに小さなものを使用すれば，組み付けはかなり楽になるのではないかと思いました．

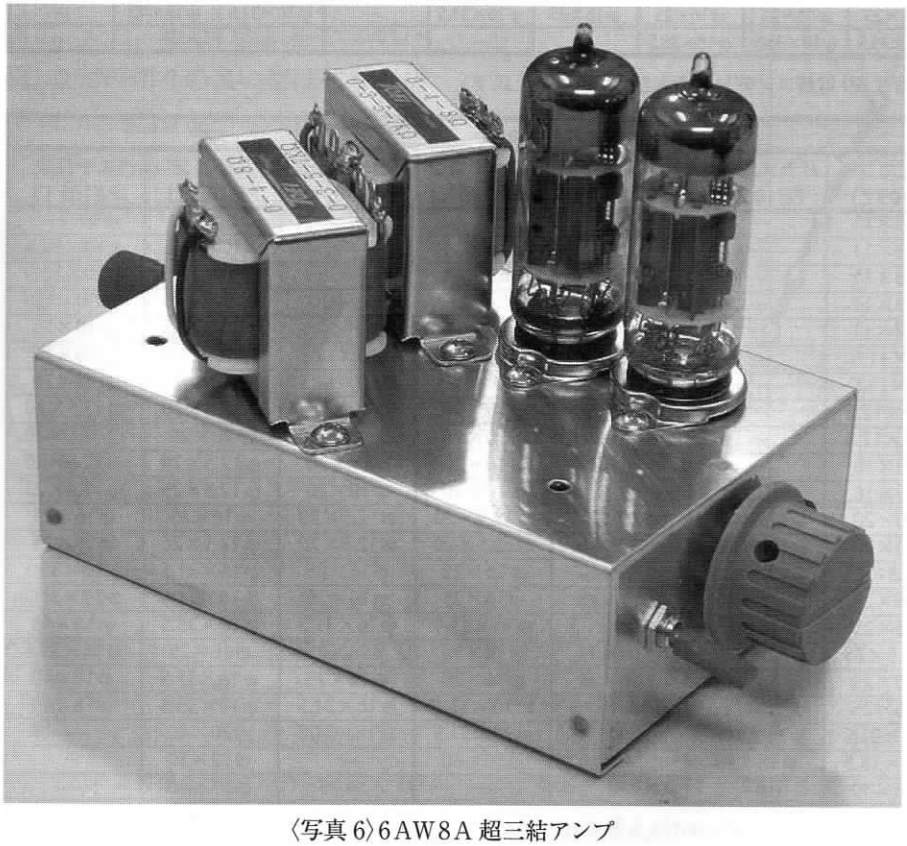
そこで，市販の電解コンデンサを大きさ別に表に並べてみることにしました．**第2表**に，入力カップリングとカソードバイアス用に耐圧50Vまでの，いわゆる「音楽用途向け」とされるものを，**第3表**にはスクリーングリッドバイアス用に耐圧が100Vを超えるものをあげてみました．なお，日本ケミコンのKMG・KMQはメーカーでは特に音楽用とは謳っていませんが，一部のマニアの間では「音が良い」と評判になっている製品です．

こうやって見てみると，電解コンデンサの大きさは品種によってかなり差があることがわかります．

また，バイアス電流を設定するのに半固定抵抗を使用していますが，これが組み立てには厄介です．そのため，計算を綿密に行って調整を不要とすることで，半固定抵抗を使用しないで構成してみました．(**第8図**)

そうして組み立ててみたところ，前回よりもすっきりと組み立てることが出来ました．(**写真5**)

シャーシに組み立てた際に，今回はトランスを上に出すことにしました．それによりサイズは実験機よりも一回り小さく（リードS-10）することが出来ました．(**写真6**)　**(続く)**



〈写真6〉6AW8A超三結アンプ